Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»

ВК «Кузбасская ярмарка»

Посвящается 90-летнему юбилею СибГИУ

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 6 - 2020

УДК 622.2 ISSN 2311-8342

ББК 33.1
Н 340

Главный редактор
д.т.н., проф. Фрянов В.Н.

Редакционная коллегия:
чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Клишин В.И., д.т.н., проф. Никитенко С.М.,
д.т.н. Павлова Л.Д. (технический редактор), д.т.н., проф. Домрачев А.Н.,
д.э.н., проф. Петрова Т.В.

Н 340 Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов : науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2020. - № 6. – 461 с.

Рассмотрены аспекты развития инновационных наукоёмких технологий диверсификации угольного производства и обобщены результаты научных исследований, в том числе создание роботизированных и автоматизированных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, базирующиеся на использовании прорывных технологий добычи угля и метана, комплексной переработке этих продуктов в угледобывающих регионах и реализации энергетической продукции потребителям в виде тепловой и электрической энергии.

Журнал предназначен для научных и научно-технических работников, специалистов угольной промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Номер подготовлен на основе материалов Международной научно-практической конференции «Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимой в рамках специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» (Новокузнецк, 7-11 сентября 2020 г).

Основан в 2015 г.
Выходит 1 раз в год

Учредитель - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

УДК 622.2
ББК 33.1

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР 13
ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ У ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ 15
М. Ройтер, докт. М. Крах, У. Кисслинг, д.т.н. Ю. Векслер 15
Фирма Марко Системный анализ и разработки гмбх, г. Дахау, Германия 15
ПОСТАНОВКА И АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ШИРИНЫ ЗАХВАТА ШНЕКОВОГО ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКЕ МОЩНЫХ МЕТАНОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ 20
[1,2]д.т.н. Ордин А.А., [2]к.т.н. Тимошенко А.М., [3]к.т.н. Ботвенко Д.В. 20
1 - ИГД им. Н.А.Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия 20
2 - ООО «НПЦ ВостНИИ», г. Кемерово, Россия 20
3 - АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово, Россия 20
ВЛИЯНИЕ ОРИЕНТАЦИИ ТРЕЩИН ГИДРОРАЗРЫВА И ПРОППАНТА НА ДРЕНИРОВАНИЕ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА ДЕГАЗАЦИОННЫМИ СКВАЖИНАМИ 25
д.т.н. Сердюков С.В., к.т.н. Шилова Т.В. 25
Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск, Россия 25
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ ПОТОКА СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА ПРИ ЕГО ВЫПУСКЕ ИЗ КАМЕРЫ 31
д.т.н. Бобряков А.П, к.т.н. Клишин С.В., к.т.н. Косых В.П. 31
Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия 31
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ФЛЮИДА В ТРЕЩИНОВАТОЙ ГОРНОЙ ПОРОДЕ 34
к.т.н. Клишин С.В. 34
Институт горного дела им. Н.А. Чинакала, Новосибирск, Россия 34
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УГЛЕПОРОДНЫЙ МАССИВ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЯ ЕГО ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОМ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ 38
д.т.н. Тайлаков О.В., к.т.н. Макеев М.П., Соколов С.В. 38
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 38
ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОГО СПОСОБА РАЗРАБОТКИ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ 42
к.т.н. Анферов Б.А., к.т.н. Кузнецова Л.В. 42
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 42
ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КЛАСТЕР ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОГО СПОСОБА ОСВОЕНИЯ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА 47
д.т.н. Федорин В.А., к.т.н. Шахматов В.Я., Шишков Р.И. 47
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 47
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ 52
[1]к.э.н. Немов В.Ю., [2,3]д.э.н. Филимонова И.В., [1]к.э.н. Проворная И.В., [2,3]к.э.н. Комарова А.В. 52
1 - Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 52
2 - Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия 52
3 - Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, Россия 52
ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ТРУБОПРОВОДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ НЕФТЕГАЗОВЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ 55
[1,2]к.э.н. Проворная И.В., [1,2]д.э.н. Филимонова И.В., [1,2]к.э.н. Немов В.Ю., [1,2]к.э.н. Мишенин М.В. 55
1 - Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия 55
2 - Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, Россия 55
ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫЕ ЗАПАСЫ НЕФТИ КАК ФАКТОР СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА РЕСУРСНЫХ РЕГИОНОВ 59
[1,2]д.э.н. Филимонова И.В., [3]к.э.н. Проворная И.В., [1,2]к.э.н. Комарова А.В., [3]к.э.н. Немов В.Ю. 59

1 - Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия 59
2 - Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, Россия 59
3 - Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 59
ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОПИСАНИЮ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ В ПРЕДЕЛЬНОЙ НАПРЯЖЁННОЙ ЗОНЕ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА 65
д.т.н. Черданцев Н.В. 65
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 65
ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЧНОСТИ МАССИВА НА КОНТАКТЕ С ПЛАСТОМ НА ПАРАМЕТРЫ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ 71
д.т.н. Черданцев Н.В. 71
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 71
ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОПИСАНИЮ ВЫБРОСА ИЗ КРАЕВОЙ ЗОНЫ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА 75
д.т.н. Черданцев Н.В. 75
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 75
К РАСЧЁТУ ПРОЧНОСТИ УГОЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ МЕТОДАМИ МЕХАНИКИ СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ 80
д.т.н. Черданцев Н.В. 80
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 80
РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОЙ ТРЕЩИНЫ ГИДРОРАЗРЫВА, РАСПОЛОЖЕННОЙ В ПРОЧНЫХ ПОРОДАХ КРОВЛИ ПЛАСТА ОКОЛО ПЛАСТОВОЙ ВЫРАБОТКИ 84
д.т.н. Черданцев Н.В. 84
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 84
ПОСТРОЕНИЕ ПОЛЯР ФРОНТОВ РЕАКЦИЙ В ГАЗОВОЗДУШНЫХ ПОТОКАХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ВБЛИЗИ ОЧАГОВ САМОНАГРЕВАНИЯ 89
д.т.н. Черданцев С.В., к.т.н. Шлапаков П.А., Лебедев К.С., Ерастов А.Ю., Хаймин С.А., Шлапаков Е.А., Колыхалов В.В. 89
Научный центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли, г. Кемерово, Россия 89
ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ АБАКАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ 95
д.т.н. Лобанова Т.В., Трофимова О.Л., Ижболдина С.В., Лобанов С.А. 95
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 95
ВСКРЫТИЕ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ ПЛАСТОВ 100
к.т.н. Сенкус Вал.В., к.т.н. Чаплыгин В.В., д.т.н. Сенкус В.В. 100
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 100
ВЫБОР ВАРИАНТА РАЗРАБОТКИ МАКАРЬЕВСКОГО УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ . 104
Сенкус Вал.В., Чаплыгин В.В., Сенкус В.В. 104
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 104
ВСКРЫТИЕ ПЛАСТОВ В БОРТАХ РАЗРЕЗА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКЕ ЗАПАСОВ И ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ПРОВЕТРИВАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК 111
к.т.н. Сенкус Вал.В., к.т.н. Чаплыгин В.В., д.т.н. Сенкус В.В. 111
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 111
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ДЛИННЫХ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ 113
[1]к.т.н. Никитина А.М., [1]Риб С.В., [1]Борзых Д.М., [2]Дадынский Р.А. 113
1 - Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк, Россия 113
2 - ООО «УМГШО», г. Новокузнецк, Россия 113
320 ЛЕТ СПУСТЯ: ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК 118
к.т.н. Никитина А.М., Ковыршина С.А. 118
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 118

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ 123
РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ШАГАЮЩЕЙ КРЕПИ В СОСТАВЕ ГОРНО-ПРОХОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА 125
чл.-корр. РАН Клишин В. И., Малахов Ю.В., д.э.н. Никитенко С.М., к.т.н. Анферов Б.А. 125
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 125
ДЕЗИНТЕГРАЦИЯ УГОЛЬНОГО МАССИВА ПОДКРОВЕЛЬНОЙ ТОЛЩИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОЩНЫХ ПЛАСТОВ С УПРАВЛЯЕМЫМ ВЫПУСКОМ 131
чл.-корр. РАН Клишин В.И., к.т.н. Анфёров Б.А., к.т.н. Кузнецова Л.В., ... 131
Варфоломеев Е.Л., Борисов И.Л. 131
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 131
ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ЗА СЧЕТ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА 135
чл.-корр. РАН Клишин В.И., к.т.н., Опрук Г.Ю., Варфоломеев Е.Л., Борисов И. Л. 135
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 135
АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ ГАЗООЧИСТНЫХ УСТАНОВОК, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В УГОЛЬНОЙ И ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КУЗБАССА 138
к.т.н. Герике П.Б., д.т.н. Герике Б.Л., член-корр. РАН Клишин В.И. 138
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 138
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ . 144
к.т.н. Герике П.Б., д.т.н. Герике Б.Л. 144
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 144
РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ЕДИНЫХ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ДЕФЕКТОВ ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНЫХ МАШИН 150
[1]к.т.н. Герике П.Б., [2]к.т.н. Ещеркин П.В. 150
1 - Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 150
2 – Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, г. Белово, Россия 150
УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ УСТОЙЧИВОГО СИНХРОННОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ИНЕРЦИОННЫХ ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ КАРЬЕРНОГО ОТВАЛООБРАЗОВАТЕЛЯ 154
к.т.н. Куликова Е.Г., Морозов А.В. 154
Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия 154
ОБЗОР СИСТЕМ КОНТРОЛЯ МОТОРНОГО МАСЛА В СИЛОВЫХ УСТАНОВКАХ СОВРЕМЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ 159
к.т.н., Ремизов С.В. 159
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс», г. Кемерово, Россия 159
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОХОДНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПО СИСТЕМАМ С КОРОТКИМИ ОЧИСТНЫМИ ЗАБОЯМИ 162
д.т.н. Домрачев А.Н. 162
Сибирский государственный индустриальный университет, г.Новокузнецк, Россия 162
ДЕМОНТАЖ МЕХАНИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ПОМОЩИ ДЕМОНТАЖНОГО ЩИТА В УСЛОВИЯХ ШАХТ ЮГА КУЗБАССА 165
[1]Никитина А.М., [1]Риб С.В., [1]Борзых Д.М., [2]Дадынский Р.А. 165
1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 165
2- ООО «УМГШО», г. Новокузнецк, Россия 165
ИССЛЕДОВНИЕ РАБОТЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ С УСТРОЙСТВАМИ ВЫБОРКИ ЗАЗОРОВ 170
[1]д.т.н. Никитин А.Г., [2]к.т.н. Баженов И.А., [3]Абрамов А.В. 170
1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 170
2 - Уральский федеральный университет имени первого Президента России 170
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия 170
3 - АНО «Центр поддержки и коммерциализации научно-технических проектов», ... 170
г. Новокузнецк, Россия 170

ВЫБОР СТРУКТУРЫ РЕГУЛЯТОРА ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ 172
д.т.н. Никитин А.Г., к.т.н. Тагильцев-Галета К.В., к.ф.-м.н. Лактионов С.А. 172
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия..... 172
ВЫБОР ЭНЕРГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ, ИЗГОТОВЛЕННЫМ ИЗ ШЛАКА ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКОМАРГАНЦА ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ГОРНОШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ 175
д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Усольцев А.А., к.т.н. Крюков Р.Е., Михно Р.А. 175
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия..... 175
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКИ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ ДЛЯ ПОДЪЕЗДНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ ШАХТ 180
д.т.н. Козырев Н.А., Шевченко Р.А., к.т.н. Крюков Р.Е., к.т.н. Усольцев А.А. 180
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия..... 180
ИЗУЧЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА В СВАРНОМ ШВЕ ПРИ СВАРКЕ ГОРНОШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ 184
к.т.н. А.А. Усольцев, д.т.н. Н.А. Козырев, А.Р. Михно, к.т.н. Р.Е. Крюков 184
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия..... 184
ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ ДЛЯ ПОДЪЕЗДНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ ШАХТ 187
Шевченко Р.А., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Усольцев А.А., к.т.н. Крюков Р.Е. 187
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия..... 187
АЛГОРИТМ КОРРЕКТИРОВКИ МАРШРУТОВ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ С УЧЕТОМ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ АВТОДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА 191
Буйвис В.А., д.т.н. Новичихин А.В. 191
Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия..... 191
ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СЕРВИСНОМ ТО И РЕМОНТЕ БОЛЬШЕГРУЗНОЙ ТЕХНИКИ КОМПАНИИ ООО «МАЙНТЕК МАШИНЕРИ» ОФИЦИАЛЬНОГО ДИЛЕРА ГОРНОЙ ТЕХНИКИ ФИРМЫ HITACHI ПО УВЕЛИЧЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ 197
д.т.н. Булакина Е.Н., Недзельская О.Н., Бикинеева А.Н., Моисеев В.В., Почуфаров Д.О., Кетов А.В. 197
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия 197
О СОЗДАНИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЦЕНТРА ПО ВЫРАБОТКЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОГО ДИВИЗИОНА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ 201
[1,2]д.т.н. Зеньков И. В. 201
1 - Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия..... 201
2 - ИВТ СО РАН, г. Новосибирск, Россия 201
УПРАВЛЕНИЕ ЛОГИСТИКОЙ В УГЛЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ ИНДОНЕЗИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ 204
[1,2]д.т.н. Зеньков И. В. 204
1 - Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия..... 204
2 - ИВТ СО РАН, г. Новосибирск, Россия 204
ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА ДОСТУПА К ГЕОРЕСУРСАМ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ..... 205
Татаринова О.А. 205
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 205

РОБОТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА..... 209
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОСТИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД НА ЕГО ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ В ОКРЕСТНОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ДИГИТАЛИЗАЦИИ ПОДЗЕМНОЙ УГЛЕДОБЫЧИ..... 211
[1]д.т.н. Павлова Л.Д., [1]д.т.н. Фрянов В.Н., [2]М.О. Еремин 211
1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 211
2 – Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия..... 211

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРУЗОЧНО-СКЛАДСКИМ КОМПЛЕКСОМ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ «ШАХТА №12».....218
[1,2]к.т.н. Грачев В.В., [1,2]д.т.н. Мышляев Л.П., [1]к.т.н. Ляховец М.В., [1]Макаров Г.В., [3]к.э.н. Ивушкин К.А., [4]Коршунов С.Ю.....218
1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 218
2 - Научно-исследовательский центр систем управления, г. Новокузнецк, Россия 218
3 - Объединённая компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия.....218
4 - Шахта №12, г. Киселевск, Россия 218
СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ «ШАХТА №12» НА БАЗЕ ПАКЕТА WONDERWARE SYSTEM PLATFORM 2017.....222
[1]Иванов Д.В., [1,2]к.т.н. Грачев В.В., [1,2]д.т.н. Мышляев Л.П., [1]к.т.н. Ляховец М.В., [3]к.э.н. Ивушкин К.А., [1]Коровин Д.Е. 222
1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 222
2 - Научно-исследовательский центр систем управления, г. Новокузнецк, Россия 222
3 - Объединённая компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия.....222
О РАСШИРЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ САУ ТК ОФ «БАРЗАССКАЯ» .225
[1]д.т.н. Мышляев Л.П., [2]Макаров Г.В., [2]Саламатин А.С.,[2]Коровин Д.Е., [3]Горб Д.С. 225
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия 225
2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 225
3 – ООО СП «Барзасское товарищество» 225
ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА 229
Коровин Д.Е., к.т.н. Ляховец М.В.....229
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 229
ВИРТУАЛИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА И РЕШЕНИЕ ТЕКУЩИХ ЗАДАЧ ЕЁ ИНТЕРФЕЙСНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ.....232
к.т.н. Никитенко М.С., Кизилов С.А. к.б.н. Игнатова А.Ю., к.т.н. Ремизов С.В., Натура Е.С. 232
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, Россия, г. Кемерово 232
КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ ТРАНСПОРТОМ 235
Кизилов С.А., к.т.н. Никитенко М.С. 235
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, Россия, г. Кемерово 235
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....238
Белый А.М., д.т.н. Павлова Л.Д., д.т.н. Фрянов В.Н. 238
Сибирские государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....238
ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКЕ ГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ 241
Дворянчиков М.В., д.т.н. Павлова Л.Д.,.....241
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 241
О ФУНКЦИЯХ И ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИТ-СЕРВИСА.....245
[1]к.т.н. Зимин А.В., [2]д.т.н. Буркова И.В., [1]д.т.н. Зимин В.В. 245
1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 245
2 - Институт проблем управления РАН, г. Москва, Россия 245
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ СЕРВИСОВ И ПРОЦЕССОВ – СИСТЕМООБРАЗУЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ СТРАТЕГИИ ИТ-ПРОВАЙДЕРА 248
к.т.н. Зимин А.В.....248
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 248
О ПРИМЕНЕНИИ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ 254
[1,2]д.т.н. Малафеев С.И., [3]к.т.н. Малафеев С.И.....254
1 – ООО Компания «Объединенная Энергия», г. Москва, Россия 254
2 – Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир, Россия 254

3 – Владимирский политехнический колледж 254
АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ СОПРОТИВЛЕНИЯМИ В ЦЕПИ РОТОРА 259
д.т.н. Островлянчик В.Ю., к.т.н. Кубарев В.А., Маршев Д.А. 259
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 259
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОДЪЁМНОЙ УСТАНОВКИ С УПРАВЛЯЕМЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ТОКА В ЦЕПИ РОТОРА 264
д.т.н. Островлянчик В. Ю., к.т.н. Кубарев В. А., Поползин И. Ю., Маршев Д. А., Жданов Е. В. ... 264
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 264
СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ ЗАВИСАНИЯ ПОДЪЁМНОГО СОСУДА В СТВОЛЕ 270
д.т.н. Островлянчик В. Ю., к.т.н. Кубарев В. А., Маршев Д.А. 270
Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия 270
ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В ЦЕПИ СТАТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ С ДВОЙНЫМ ПИТАНИЕМ 274
д.т.н. Островлянчик В. Ю., Поползин И. Ю., к.т.н. Кубарев В. А., Маршев Д. А. 274
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 274
УТОЧНЁННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ КАНАТОВ И ВАЛОВ ШАХТНЫХ ПОДЪЁМНЫХ УСТАНОВОК 278
Борщинский М.Ю. 278
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 278
ОБНАРУЖЕНИЕ ПОМПАЖА ЦЕНТРОБЕЖНОГО ТУРБОКОМПРЕССОРА ПО ТОКУ ПРИВОДНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ 285
[1]к.т.н. Кипервассер М.В., [2]Герасимук А.В. 285
1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 285
2 - АО «Сибирский Тяжпромэлектропроект», г. Новокузнецк, Россия 285
ДИАГНОСТИКА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ 290
к.т.н. Кипервассер М.В., к.т.н. Симаков В.П., к. ф-м.н., Лактионов С.А., к.т.н. Модзелевский Д.Е. 290
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 290
ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ СМЕННЫХ ЗВЕНЬЕВ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНОВОГО КОМПЛЕКСА 295
д.т.н. Кулаков С.М., Коинов Р.С. 295
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 295
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОМАССИВА С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНОЙ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ ПОРОД РАСТЯЖЕНИЮ ИЛИ СЖАТИЮ 297
д.т.н. А.Б. Цветков 297
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 297
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ 300
к.т.н. Тимофеев А.С., М.О. Курдюков 300
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 300
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО ВРЕМЕНИ ПЕРЕРЫВА В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ШАХТНЫХ ВОДОДТЛИВНЫХ УСТАНОВОК 302
[1]к.т.н. Ефременко В.М., [1,2]Скребнева Е.В. 302
1 - Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово, Россия 302
2 - ООО «КАТЭН», г. Москва, Россия 302
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО ВРЕМЕНИ ПЕРЕРЫВА В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК 306
[1]к.т.н. Ефременко В.М., [1,2]Скребнева Е.В. 306
1 - Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово, Россия 306
2 - ООО «КАТЭН», г. Москва, Россия 306
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ 308

[1]к.т.н. Ефременко В.М., [1,2]Скребнева Е.В. 308
1 - Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово, Россия 308
2 - ООО «КАТЭН», г. Москва, Россия 308

ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....313
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕЙ ПЫЛИ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЕЙ.....315
[1,2]д.т.н. Журавлева Н.В., [1]к.х.н. Хабибулина Е.Р., [3]Журавлева Е.В., [3]академик РАН З.Р. Исмагилов 315
1 - Западно-Сибирский испытательный центр, г. Новокузнецк, Россия 315
2 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 315
3 - Федеральный Исследовательский Центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 315
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭНДОГЕННОЙ ПОЖАРООПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ДОНБАССА 321
д.т.н. Греков С.П., Орликова В.П., Всякий А.А. 321
Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор», г. Донецк, ДНР 321
ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ИНЪЕКЦИОННОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ДЕЗАКТИВАЦИИ ЭНДОГЕННОГО САМОВОЗГОРАНИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ.....324
д.т.н. Майоров А.Е., д.х.н. Патраков Ю.Ф., к.х.н. Семёнова С.А., к.т.н. Абрамов И.Л., Непеина Е.С. 324
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, Кемерово, Россия.....324
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТЕРИЯ ВЫБРОСООПАСНОСТИ ПО МЕДИАНЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШУМОВ РАБОТАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ 331
д.т.н. Шадрин А.В., Контримас А.А., ...331
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 331
СРАВНЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ВЫБРОСООПАСНОСТИ НА НАЧАЛЬНОМ И КОНЕЧНОМ ЭТАПАХ ПОДГОТОВКИ ВНЕЗАПНОГО ВЫБРОСА УГЛЯ И ГАЗА 337
д.т.н. Шадрин А.В. 337
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 337
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЦЕССА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ВСЛЕДСТВИЕ НЕРАВНОМЕРНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ.....343
к.т.н. Плаксин М.С. 343
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 343
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕСОРБЦИИ МЕТАНА ПРИ ВЫСОКОНАПОРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ЖИДКОСТИ НА УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ.....347
к.т.н. Плаксин М.С., Родин Р.И. 347
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 347
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЛАСТОВОЙ ДЕГАЗАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОЦЕССОВ СДВИЖЕНИЙ ПОРОД КРОВЛИ.....351
к.т.н. Шинкевич М.В., Родин Р.И. 351
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 351
ОЦЕНКА ПРИРОДНОЙ ГАЗОНОСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ 355
Рябцев А.А., к.т.н. Козырева Е.Н. 355
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 355
ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО РЕГИОНА 358
д.т.н. Тайлаков О.В., к.т.н. Застрелов Д.Н. 358
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 358
МОНИТОРИНГ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЛАСТОВЫХ СКВАЖИН В ПРОЦЕССЕ УГЛЕДОБЫЧИ.....363

д.т.н. Тайлаков О.В., к.т.н. Застрелов Д.Н., Макеев М.П., Салтымаков Е.А., Колесниченко С.Е. 363
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 363
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ШАХТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ 366
д.т.н. Тайлаков О.В., Уткаев Е.А., Макеев М.П. 366
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 366
ДЕГАЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ 370
[1]д.э.н. Никитенко С.М., [2]Глухих С.А. 370
1 - Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 370
2 – ООО «Метаника», г. Севастополь, Россия 370
О СПОСОБЕ ВНЕСЕНИЯ В МОДЕЛЬ ТОПОЛОГИИ ОБЪЁМОВ ЗАГАЗОВАНИЯ В ЗАКРЕПНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ ПРИ РАСЧЁТАХ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ 373
[1,2]к.т.н. Говорухин Ю.М., [2]к.т.н. Криволапов В.Г., [2,3]д.т.н. Палеев Д.Ю. 373
1 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 373
2 –Национальный горноспасательный центр, г. Новокузнецк, Россия 373
3 – Горный институт УрО РАН, г. Пермь, Россия 373
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИЗОЛЯЦИИ ВЫРАБОТОК АВАРИЙНЫХ УЧАСТКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОЗАТВОРОВ 376
[1,2]к.т.н. Говорухин Ю.М., [2]к.т.н. Криволапов В.Г., [1, 2]к.т.н. Коряга М.Г.,[2,3]д.т.н. Палеев Д.Ю. 376
1 –Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 376
2 –Национальный горноспасательный центр, г. Новокузнецк, Россия 376
3 – Горный институт УрО РАН, г. Пермь, Россия 376
О ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ХАРАКТЕРЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ЗОН СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ НА ОБЪЕКТАХ УГЛЕДОБЫЧИ В КУЗБАССЕ 380
Денисов С.В., Поляков Д.А. 380
Научный центр проблем безопасного освоения недр ВНИИ-ГЕО, г. Кемерово, Россия 380
ПРОТОКОЛ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЛУЖБ МОНИТОРИНГА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ УПРАВЛЯЕМОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА МАССИВ 386
к.т.н. Лазаревич Т.И., Харкевич А.С., Власенко Ю.Н., к.т.н. Шубина Е.А. 386
Научный центр проблем безопасного освоения недр ВНИИ-ГЕО, г. Кемерово, Россия 386
УСЛОВИЯ РАЗВЯЗЫВАНИЯ ВНЕЗАНЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЯ И ГАЗА В ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ 391
д. т. н. В.С. Зыков, д. т. н. В.В. Иванов 391
Научный центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли, г. Кемерово, Россия 391
МЕХАНОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ СПОСОБ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК 398
к.т.н. Чаплыгин В.В., к.т.н. Сенкус Вал.В., Матвеев А.В., д.т.н. Сенкус В.В. 398
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 398
СИСТЕМНАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ КОМПАНИЙ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ 401
к.э.н. Новоселов С.В. 401
Кемеровский региональный институт повышения квалификации им. В.П. Романова, г. Кемерово, Россия 401
ФОРМИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ 403
[1]д.т.н. Киселева Т.В., [2]к.т.н. Михайлов В.Г., [2]Михайлова Я.С. 403
1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 403
2 - Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия 403
УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ И ОХРАНОЙ ТРУДА В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЕ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 409
[1]к.т.н. Приступа Ю.Д, [1]к.т.н. Шишкина С.В., [2]д.т.н. Павлова Л.Д., [2]д.т.н. Фрянов В.Н. 409
1 - ООО «Объединенное ПТУ Кузбасса», г. Ленинск-Кузнецкий, Россия 409

2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 409
РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОЙ МАССЫ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ 413
[1]д.т.н. Мурко В.И., [1]д.т.н. Темлянцев М.В., [1]Литвинов Ю.А., [2]к.т.н. Волков М.А., [3]д.т.н. Баранова М.П. 413
1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 413
2 - ООО «Сибниииуглеобогащение», г. Прокопьевск, Россия.....413
3 - Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия.....413
ОРГАНИЗАЦИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО, РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГОЛЬНОГО И КАРБОНАТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ТОПЛИВНОГО И НЕТОПЛИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ И КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ 418
[1]д.т.н. Жуков А.В., [2]к.т.н. Ковалев В.Н. 418
1 - ООО Научно-производственная компания «Примор-Карбид», г. Владивосток, Россия.....418
2 - ООО Научно-производственное предприятие «Энерготерм-система», г. Истра, Россия.....418
ИССЛЕДОВАНИЕ НА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ЭФФЕКТИВНОСТИ САВМЕСТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПЫЛЕВИДНЫХ УГОЛЬНЫХ И МЕТАЛЛУГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАВИЛЬНОГО ГАЗИФИКАТОРА 422
д.т.н. Цымбал В.П., д.т.н. Рыбенко И.А., к.т.н. Сеченов П.А., Рыбушкин А. А. 422
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 422
РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПО ПРОФИЛЮ «ROLL ALONG» ВДОЛЬ БОРТА ХВОСТОХРАНИЛИЩА В СОПОСТАВЛЕНИИ С ГЕОХИМИЧЕСКИМ ОПРОБОВАНИЕМ (Г. САЛАИР, КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ).....429
к.г.-м.н. Юркевич Н.В., Федорова Т.А., Грахова С.П., Кучер Д.О. 429
Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия 429
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И АМОРФНОЙ ФАЗ В ПЕРЕХОДНОМ СЛОЕ СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КАРКАСА КЕРАМИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ С ЯЧЕИСТОЙ СТРУКТУРОЙ 433
д.т.н. Столбоушкин А.Ю., Шевченко В.В., к.т.н. Фомина О.А. 433
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 433
ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ УЧАСТКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ.....439
[1]к.б.н. Семина И.С., [2]д.б.н. Андроханов В.А., [2]кб.н. Куляпина Е.Д. 439
1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 439
2 - Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, Россия 439
ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНЦИИ ПРОДУКЦИИ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ НА МИРОВОМ РЫНКЕ ЧЕРЕЗ СОЗДАНИЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЦЕНТРА МОНИТОРИНГА НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ 444
[1,2]д.т.н. Зеньков И. В. 444
1 - Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия.....444
2 - ИВТ СО РАН, г. Новосибирск, Россия 444
КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ КРАЙНЕГО СЕВЕРА.....448
[1,2]д.т.н. Зеньков И. В. 448
1 - Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия.....448
2 - ИВТ СО РАН, г. Новосибирск, Россия 448
РЕЗУЛЬТАТЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЭКОЛОГИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АНТРАЦИТОВ ГОРЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА 453
[1,2]д.т.н. Зеньков И. В. 453
1 - Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия.....453
2 - ИВТ СО РАН, г. Новосибирск, Россия 453

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АБАНСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ 455
[1,2]д.т.н. Зеньков И.В. 455
1 - Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия 455
2 - ИВТ СО РАН, г. Новосибирск, Россия 455
РЕЗУЛЬТАТЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЭКОЛОГИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ВОЛЧАНСКОМ УГОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ 458
[1,2]д.т.н. Зеньков И. В. 458
1 - Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия 458
2 - ИВТ СО РАН, г. Новосибирск, Россия 458

УДК 004.9:622.831

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОСТИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД НА ЕГО ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ В ОКРЕСТНОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ДИГИТАЛИЗАЦИИ ПОДЗЕМНОЙ УГЛЕДОБЫЧИ

[1]д.т.н. Павлова Л.Д., [1]д.т.н. Фрянов В.Н., [2]М.О. Еремин
1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия
2 – Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

Аннотация. По результатам численного эксперимента выявлены закономерности распределения напряжённо-деформированного состояния неоднородного массива горных пород в окрестности очистного выработанного пространства и подготовительной выработки, охраняемой угольным целиком.

Ключевые слова: горные породы, деформации, зона сдвижения, напряжения, неоднородность геомассива, обрушение пород, подземные выработки, прочность, расчетная модель, угольный пласт, целики, численное моделирование.

Введение. На современных угольных шахтах для обеспечения высокопроизводительной работы очистных комплексно-механизированных забоев применяется многоштрековая схема подготовки и отработки выемочных столбов. При этом возникает геомеханическая задача обеспечения эксплуатационной устойчивости охраняемых угольными целиками подготовительных выработок при минимальной ширине этих целиков. Минимальная ширина целиков и предельные деформации пород в окрестности подготовительных выработок зависят от множества факторов, указанных в действующих методических рекомендациях [1-4]. Однако в документации на ведение горных работ горно-геологические и горнотехнические условия, как правило, принимаются детерминированными, и не всегда учитывается влияние изменчивости свойств массива горных пород на технологические и геомеханические характеристики и параметры геотехнологи в пределах всего выемочного участка [5].

В связи с переходом традиционных системы проектирования и планирования горных работ на автоматизированные технологии [6] с использованием цифровых моделей участков месторождений полезных ископаемых и вероятностных методов математического моделирования при оптимизации вариантов развития горных работ возникает актуальная научно-практическая задача выявления закономерностей и зависимостей основных геомеханических и технологических параметров очистных и подготовительных забоев от структурной и физической неоднородности массива горных пород.

Для решения поставленной задачи в настоящей работе применено математическое моделирование с численной реализацией уравнений упругого и упругопластического деформирования горных пород методом конечных элементов. Проведён численный эксперимент, в котором рассмотрены базовый и альтернативные варианты распределения в пространстве цифровой модели геомеханических параметров, и по результатам сравнения полученных величин установлены оптимальные соотношения единичных или группы изменчивых факторов неоднородности и показателей очистных и подготовительных забоев. Для оценки адекватности полученных результатов численного эксперимента использованы натурные измерения деформаций массива горных пород в окрестности подземных горных выработок и на подрабатываемых территориях земной поверхности.

В качестве предмета исследования рассмотрены закономерности распределения параметров напряжённо-деформированного состояния неоднородного массива горных пород в зоне совместного влияния угольных целиков, очистных и подготовительных выработок. Объектом исследования является неоднородный массив горных пород с изменчивыми в пространстве свойствами, включающий систему взаимно влияющих угольных целиков, очистных и подготовительных выработок.

Постановка задачи. Под неоднородностью массивов горных пород следует понимать пространственную изменчивость петрографических, физических и механических свойств пород [5, 7]. Некоторые авторы отождествляют понятия изменчивости и неоднородности с разнообразием свойств массива горных пород, переменных во времени и пространстве [8]. Физическая неоднородность массива зависит от его минералогической и петрографической составляющих. В рамках поставленной задачи в настоящей статье наибольший интерес представляет неоднородность деформированного, напряжённого и структурного состояния массива горных пород. Принято по степени раздробленности массива горных пород выделять структурную неоднородность трёх порядков [9-

11]: тектонические разломы и разрывные нарушения, линейные размеры структурных объектов более 10 м, макротрещиноватость с размерами структурных блоков 0,1-10 м, микротрещиноватость с расстоянием между трещинами менее 0,1 м.

Микронеоднородность характеризует изменчивость породы одного литологического типа, её структурных, физико-механических и фильтрационных параметров. Макронеоднородность проявляется в смене пород разных литологических типов, например породные слои и угольные пласты. По форме проявления макронеоднородность может быть зональной, слоистой, блочной и др.

Структурная расчленённость массива горных пород приводит к ступенчатым различиям деформационных характеристик и формированию концентраторов напряжений в узловых приконтактных зонах блоков, то есть понятия математической и фактической сплошности массива горных пород не совпадают. В этих условиях необходимо менять традиционные подходы построения сетки конечных элементов таким образом, чтобы форма и размеры конечных элементов соответствовали структурным элементам массива горных пород. Соответственно, в математических моделях механики горных пород следует рассматривать не сплошные, а анизотропные массивы горных пород. Так как в анизотропном массиве горных пород на диаграммах модули деформации в зонах растяжения и сжатия отличаются на 1-2 порядка [10, 12-14], то возникает актуальность применения для прогноза напряжённо-деформированного состояния геомассива теоретических основ разномодульных материалов [15].

В общем виде схема модели массива горных пород, угольного целика между подготовительной выработкой и очистным выработанным пространством представлена на рис. 1. Рассматривается вертикальный разрез по падению наклонного пласта, длина разреза до 2км. Высота разреза принята согласно глубине разработки, которая измеряется как вертикальное расстояние от кровли вентиляционного штрека до земной поверхности. Угольный пласт мощностью 2,5 м отработан в выемочном столбе и представлен в виде очистного выработанного пространства с обрушенными породами кровли. Длина очистного выработанного пространства (длина лавы) варьировалась по опыту шахт Кузбасса в пределах 200-300 м.

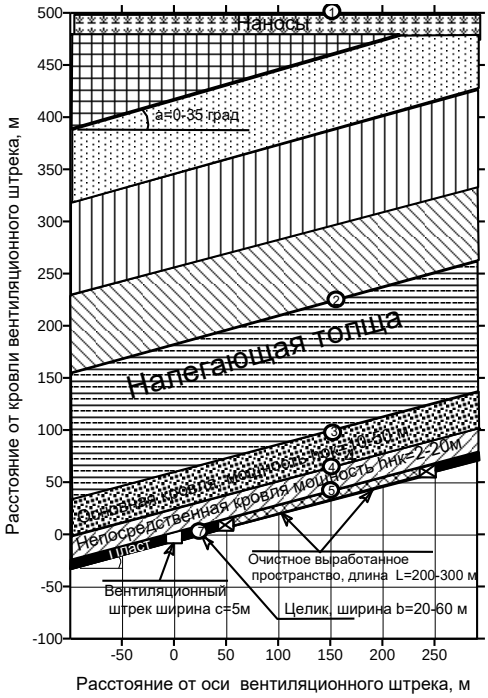


Рис. 1. Расчётная схема массива горных пород в окрестности очистного выработанного пространства, вентиляционного штрека и угольного целика между ними

Вентиляционный штрек расположенного ниже по падению пласта выемочного столба охраняется угольным целиком, ширина которого в разных вариантах изменялась в пределах 20-60 м. Вентиляционный и конвейерный штреки отработанного верхнего столба не поддерживаются.

Структурная неоднородность учитывалась изменением мощности и прочности породных слоёв, включением по контактам соседних породных слоёв фиктивных ослабленных прослойков в виде пластов-спутников нерабочей мощности, породных прослойков в угольный пласт. Физическая неоднородность учитывалась изменением угла падения пласта, прочности угля или пород в пределах отдельного слоя, трещиноватости и газоносности угольных пластов.

При формировании программы исследований и вариантов структурной неоднородности учтены известные гипотезы деформирования подработанных пород кровли, в том числе теории балок Г.Н. Кузнецова, плит А.А. Борисова, предельного равновесия пород Г.Л. Фисенко, блочного обрушения С.Т. Кузнецова и П.М. Цимбаревича; схемы деформирования пород кровли К.В. Руппенейта, H. Kratzsch, H. Labasse и других основоположников теорий и гипотез сдвижения горных пород. За основу выделения критериев структурной неоднородности принята классификация, учитывающая стратификацию подработанных породных слоёв с раскрытием контактов на пакеты плит и балок в виде ложной, непосредственной и основной кровли с пригрузкой их весом пород налегающей толщи [16, 17].

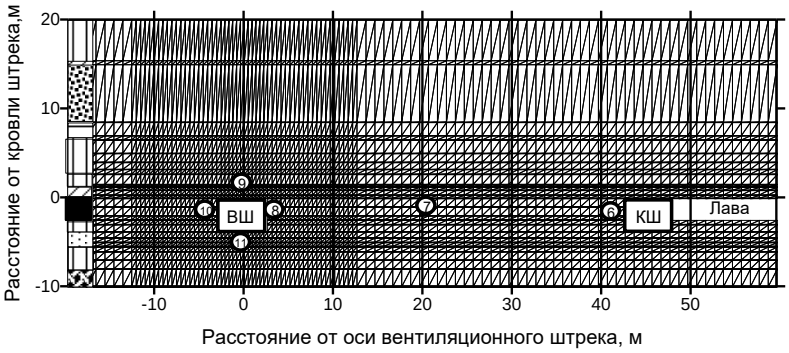
С учётом множества варьируемых вариантов изменения неоднородности (табл.1) получен большой объём информации, для анализа которой на всех моделях выделены 11 характерных точек (зон), указанных на рис. 1-4 и в табл. 2. Точки 1-5 расположены в зоне сдвижения подработанных пород по линии максимальных оседаний; 1 – на земной поверхности; 2 – в налегающей тоще; 3 – в основной кровле; 4 – на контакте основной и непосредственной кровли; 5 – в непосредственной кровле (табл. 2).

Таблица 1

Основные варианты моделей массива горных пород

Номер варианта модели	Неоднородность				
	массива горных пород	непосредственной кровли и почвы	основной кровли	налегающей тощи	угольного пласта
1	Неоднородный по прочности слоистый массив с выделением пакетов плит однородных по прочности слоёв в пакете	Однородный по прочности пакет плит $\sigma_{сж}$=35 МПа	Однородный по прочности пакет плит $\sigma_{сж}$=60 МПа	Однородный по прочности пакет плит $\sigma_{сж}$=40 МПа	Однородный по прочности угольный пласт $\sigma_{сж}$=10 МПа
2	Неоднородный по прочности слоистый массив с выделением пакетов плит однородных по прочности слоёв в пакете с ослабленными контактами между плитами	Однородный по прочности пакет слоёв $\sigma_{сж}$=35 МПа с ослабленными контактами между пакетами $\sigma_{сж}$=10 МПа	Однородный по прочности пакет слоёв $\sigma_{сж}$=60 МПа с ослабленными контактами между пакетами $\sigma_{сж}$=10 МПа	Однородный по прочности пакет слоёв $\sigma_{сж}$=40 МПа с ослабленными контактами между пакетами $\sigma_{сж}$=10 МПа	Однородный по прочности пласт $\sigma_{сж}$=10 МПа с ослабленными контактами с боковыми породами $\sigma_{сж}$=5 МПа
3	Неоднородный по прочности слоистый массив с ослабленными контактами между слоями	Неоднородный по прочности пакет слоёв $\sigma_{сж}$=30-40 МПа с ослабленными контактами между слоями $\sigma_{сж}$=10 МПа	Неоднородный по прочности пакет слоёв $\sigma_{сж}$=40-60 МПа с ослабленными контактами между слоями $\sigma_{сж}$=10 МПа	Неоднородный по прочности пакет слоёв $\sigma_{сж}$=40-50 МПа с ослабленными контактами между слоями $\sigma_{сж}$=10 МПа	Неоднородный по прочности $\sigma_{сж}$=10 МПа с ослабленными контактами между боковыми слоями и пластом $\sigma_{сж}$=5 МПа
4	Неоднородный по прочности слоистый массив с ослабленными контактами между слоями с настройкой по результатам натурных измерений	Неоднородный по прочности пакет слоёв $\sigma_{сж}$=30-40 МПа с ослабленными контактами между слоями $\sigma_{сж}$=10 МПа	Неоднородный по прочности пакет слоёв $\sigma_{сж}$=40-60 МПа с ослабленными контактами между слоями $\sigma_{сж}$=10 МПа	Неоднородный по прочности пакет слоёв $\sigma_{сж}$=40-50 МПа с ослабленными контактами между слоями $\sigma_{сж}$=10 МПа	Неоднородный по прочности $\sigma_{сж}$=10 МПа с ослабленными контактами между боковыми слоями и пластом $\sigma_{сж}$=5 МПа

На рис. 2 приведён фрагмент расчётной модели для горизонтального пласта с расположением сетки конечных элементов, очистного выработанного пространства (лава) и охраняемого угольным целиком вентиляционного штрека. Характерные точки и их номера расположены в угольном целике (6, 7, 8) и на расстоянии 0,5 м от контура вентиляционного штрека (8-11). Расчёт геомеханических параметров осуществлялся по авторскому комплексу проблемно-ориентированных программ [18].



ВШ - вентиляционный щтрек; КШ – конвейерный штрек

Рис. 2. Фрагмент расчетной модели массива горных пород с дискретизацией на конечные элементы в окрестности угольного целика, подготовительной и очистной выработки

Геомеханические параметры в характерных точках 1-11, использованные для выявления закономерностей и зависимостей основных геомеханических и технологических параметров очистных и подготовительных забоев от структурной и физической неоднородности массива горных пород, систематизированы по всем зонам в табл. 2.

Таблица 2

Геомеханические параметры в характерных точках при разных вариантах модели массива горных пород

Номера точек на модели	Координаты точек, x; y, м	Геомеханические параметры по вариантам модели массива горных пород			
		1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант
	Вертикальные смещения, упругая модель/нелинейная, мм				
1	x=80; y=500	-134/-213	-136/-215	-144/-221	-825
2	x=110; y=170	-262/-374	-258/-371	-280/-393	-1443
3	x=115; y=70	-438/-562	-445/-590	-457/-610	-2256
4	x=120; y=40	-489/-611	-497/-654	-513/-669	-2418
5	x=120; y=32	-490/-650	-498/-660	-514/-670	-2480
6	x=42; y=10	-87/-226	-112/-207	-115/-155	-519
7	x=21; y=5	-78/-96	-81/-109	-84/-108	-365
8	x=3; y=-1	-72/-83	-58/-81	-65/-75	-256
9	x=0; y=0,5	-77/-110	-82/-113	-87/-123	-308
10	x=-3; y=-2	-71/-77	-59/-74	-62/-78	-243
11	x=0; y=-4	-37/-44	-39/-43	-36/-42	-203
Вертикальные напряжения, упругая модель/ нелинейная, МПа					
1	x=80; y=500	+0,14/+0,09	+0,09/+0,14	+0,20/+0,13	+3,06
2	x=110; y=170	-3,11/-3,04	-3,16/-1,10	-3,02/-2,84	+4,46
3	x=115; y=70	-0,85/-0,90	-0,61/-0,65	-0,26/-0,54	+10,06
4	x=120; y=40	+0,09/+0,10	-0,06/+0,06	+0,09/+0,03	+18,14
5	x=120; y=32	+0,08/-0,05	+0,10/+0,06	-0,04/+0,02	+8,26
6	x=42; y=10	-48,09/-46,99	-66,80/-61,62	-60,14/-46,01	-87,04
7	x=21; y=5	-17,91/-17,14	-18,36/-17,52	-18,64/-17,52	-33,64
8	x=3; y=-1	-17,70/-18,50	-19,35/-18,88	-19,82/-17,86	-37,74
9	x=0; y=0,5	-2,48/-2,43	-1,16/-1,15	-1,10/-0,59	-1,56
10	x=-3; y=-2	-17,95/-16,93	-17,59/-16,65	-18,14/-17,19	-30,02
11	x=0; y=-4	-0,40/-0,38	-1,32/-1,27	-0,37/-0,10	-2,20
Отношение остаточной прочности к исходной, модель нелинейная					
1	x=80; y=500	1,00	1,00	1,00	1,00
2	x=110; y=170	0,92	0,64	0,49	0,11
3	x=115; y=70	0,50	0,32	0,37	0,08

Номера точек на модели	Координаты точек, x; y, м	Геомеханические параметры по вариантам модели массива горных пород			
		1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант
4	x=120; y=40	0,40	0,30	0,29	0,27
5	x=120; y=32	0,39	0,37	0,27	0,28
6	x=42; y=10	0,10	0,12	0,18	0,03
7	x=21; y=5	0,93	0,93	0,92	0,25
8	x=3; y=-1	0,73	0,65	0,61	0,30
9	x=0; y=0,5	0,66	0,58	0,38	0,62
10	x=-3; y=-2	0,66	0,78	0,71	0,29
11	x=0; y=-4	0,52	0,43	0,49	0,35

Как следует из результатов численного моделирования по вариантам 1-3 геомеханические параметры, несмотря на разную структурную неоднородность, изменились несущественно. Можно утверждать о наличии тенденций увеличения на 8-10 % вертикальных смещений в зоне сдвижения и в угольном целике, при учёте в массиве горных пород породных ослабленных слоёв по контактам с прочностью, меньше в 3-5 раз прочности соседних слоёв. В окрестности охраняемого угольным целиком вентиляционного штрека характер распределения вертикальных смещений и напряжений практически не изменился. В кровле выработки вертикальные напряжения сжатия уменьшаются в 2-3 раза по мере увеличения количества ослабленных породных слоёв по контактам. Отношение остаточной прочности к исходной в окрестности выработки также уменьшается в вариантах 1-3.

Интенсивность снижения прочности пород в зоне сдвижения уменьшается по мере увеличения расстояния от кровли пласта к земной поверхности.

По результатам численного моделирования были выявлены закономерности увеличения структурной неоднородности массива горных пород, возникающей под влиянием опорного горного давления в окрестности горных выработок [19-21]. На рис. 3 приведены графики распределения зон разрушения и предразрушения подработанных пород над очистным выработанным пространством.

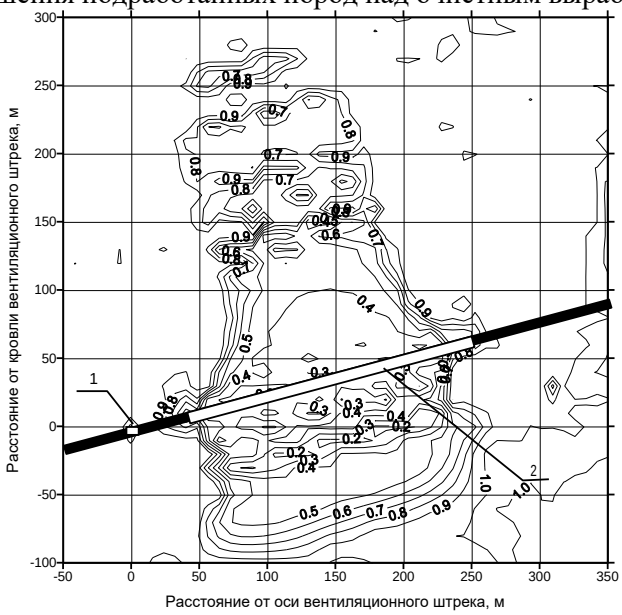


Рис. 3. Графики распределения отношения остаточной прочности угля и пород к исходной прочности после отработки угольного пласта, вариант 3 в табл. 1 и 2 с ослабленными контактами

Из рис. 3 следует, что породы непосредственной и основной кровли полностью разрушаются. На расстоянии 100-120 м от отработанного пласта происходит разрушение пород в ослабленных контактах, а породные плиты сохраняют устойчивость. Высота этой зоны соответствует границе зоны трещинообразования, равной 40m, где m=2,5 м- вынимаемая мощность пласта, что не противоречит результатам исследований, приведённых в монографии [22].

Сравнение результатов моделирования и натурных измерений смещений массива горных пород [22-24] показало, что аналитические методы расчёта сдвижений подработанных горных пород не обеспечивают соответствие прогнозируемых величин фактическим. В горной практике согласно действующим «Правилам …» [23] максимальное оседание подработанной земной поверхности η_m определяется по формуле:

$$\eta_m = q_o m N_1 N_2 \cos\alpha, \quad (1)$$

где q_o- относительное максимальное оседание земной поверхности, при первичной подработке в условиях Кузбасса q_o=0,70; m- вынимаемая мощность пласта, m =2,50 м; N_1, N_2- коэффициенты, зависящие от отношения размера выработки к средней глубине разработки, при длине лавы 200 м и глубине разработки Н=468 м (рис. 1) N_1=1,00; N_2=0,49 [23]; α- угол падения пласта, $\alpha = 15^o$.

При указанных значениях параметров модели массива горных пород и выработок согласно (1) η_m=0,83 м. Максимальное оседание земной поверхности, вычисленное методом конечных элементов (см. точку 1 в табл.2) $\eta_{мкэ}$=0,22 м, что почти в 3,8 раза меньше оседаний, рекомендуемых в [23]. Соответственно вычисленные величины смещений не могут быть рекомендованы для использования на практике. Одной из причин существенных отклонений расчётных и фактических величин сдвижений подработанных горных пород является длительность процесса сдвижения, которая в условиях Кузбасса достигает трёх лет, что учтено в эмпирической формуле (1).

Оптимальным вариантом приведения расчётных параметров напряжённо-деформированного состояния массива горных пород к измеренным на угольных шахтах является настройка смещений в модели по измеренным или рекомендованным «Правилам …» [23] величинам горизонтальных и вертикальных смещений в мульде сдвижения на земной поверхности. Другой граничной поверхностью является подработанная порода в кровле пласта, где оседания равны его вынимаемой мощности.

После подстановки максимальных смещений земной поверхности и кровли отработанного пласта создан 4 вариант модели и получены геомеханические параметры, представленные в табл. 2. Согласно табл.2 закономерность изменения вертикальных смещений подработанных пород по мере перехода от линейной модели к нелинейной с учётом фактора времени сохраняется, но оседания увеличиваются.

На рис. 4 для сравнения с графиками рис. 3 показано распределение отношения остаточной прочности к исходной (настройка входных параметров модели по [23], вариант 4 в табл. 1 и 2 с ослабленными контактами).

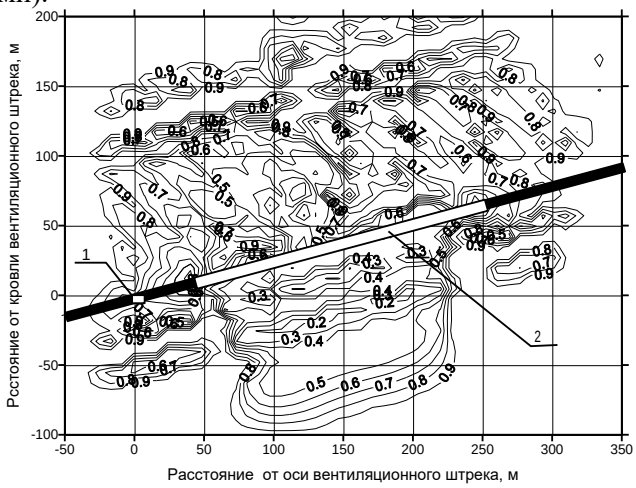


Рис. 4. Графики распределения отношения остаточной прочности угля и пород к исходной прочности после отработки угольного пласта, вариант 4 в табл. 1 и 2 с ослабленными контактами

Согласно графикам рис. 4 в пределах зон обрушения и трещинообразования неоднородность массива горных пород проявляется посредством формирования блочной структуры. Установлено, что вертикальные напряжения в блоках существенно превышают предел прочности пород, а на контактах блоков возможны растягивающие напряжения, расслоение горного массива по контактам слоев и формирование газового коллектора.

Выводы. Для оценки неоднородности массива горных пород рекомендуется выделять физическую и структурную неоднородность, последняя классифицируется по трём порядкам: тектонические разломы и разрывные нарушения, линейные размеры структурных объектов более 10 м, макротрещиноватость с размерами структурных блоков 0,1-10 м, микротрещиноватость с расстоянием между трещинами менее 0,1 м.

При численном эксперименте по мере перехода к нелинейным моделям с большей неоднородностью меняется характер предразрушения подработанных горных пород от плавного опускания до формирования блочной структуры, что рекомендуется использовать при расчёте параметров газового коллектора и способа дегазации выработанного пространства.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-41-420004.

Библиографический список

1. Инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений: приказ Ростехнадзора от 15.08.2016 г. №339. – Режим доступа: http://www.pravo.gov.ru, 08.11.2016 за № 0001201611080014.

2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах»: приказ Ростехнадзора от 17 декабря 2013 г. № 610.

3. Инструкция по выбору рамных податливых крепей горных выработок. - СПб.: ВНИМИ, 1991. - 125 с. – Режим доступа: http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293804/4293804178.htm.

4. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах. - М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2011. – 216 с.

5. Геологическое обеспечение работ по добыче угля: сб. норм. док. / Под ред. А.Д. Рубана и др. - М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2011.- 432с.

6. ГИС-технологии при недропользовании / Д.С. Михалевич, А.О. Исаченко, Г.П. Жуков, Л.Р. Ишбулатова. – М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2016.-280 с.

7. Горная энциклопедия. Т. 3. Кенган-Орт / М.И. Агошков, Н.К. Байбаков, А.С. Болдырев и др.; гл. ред. Е.А. Козловский. – М.: Сов. Энциклопедия, 1987. - 592 с.

8. Способы вскрытия, подготовки и системы разработки шахтных полей / Б.Ф. Братченко, М.И. Устинов, Л.Н. Гапанович и др. - М.: Недра, 1985. – 494 с.

9. Хаин В.Е. Геотектоника с основами геодинамики / В.Е. Хаин, М.Г. Ломизе. – М.: КДУ, 2005. – 560 с.

10. Адаптация методов мезомеханики к исследованию процессов деформации и разрушения угля / А.А. Трубицын, П.В. Макаров, О.И. Черепанов, С.П. Ворошилов и др. –Кемерово: Кузбасс-ЦОТ, 2002. – 116 с.

11. Нелинейная механика геоматериалов и геосред / П.В. Макаров [и др.]; под ред. Л.Б. Зуева. – Новосибирск: Академ. изд-во «Гео», 2007. – 235 с.

12. Физико- технические свойства горных пород и углей / Г.Г. Штумпф, Ю.А. Рыжков, В.А. Шаламанов, А.И. Петров. – М.: Недра, 1994. – 447 с.

13. Свойства горных пород и методы их определения / Ильницкая Е.И., Тедер Р.И., Ватолин Е.С., Кунтыш М.Ф. – Москва: Недра, 1969. – 392с.

14. Ставрогин А.Н. Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах / А.Н. Ставрогин, А.Г. Протосеня. – М.: Недра, 1985. - 271 с.

15. Амбарцумян С.А. Разномодульная теория упругости / С.А. Амбарцумян. – М.: Наука, 1982. – 320 с.

16. Методы и средства решения задач горной геомеханики / Г.Н. Кузнецов, К.А. Ардашев, Н.А. Филатов и др. – М.: Недра, 1987. – 248 с.

17. Коровкин Ю.А. Теория и практика длиннолавных систем / Ю.А. Коровкин, П.Ф. Савченко. - М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2012. - 808 с.

18. Корнев Е.С. Разработка комплекса проблемно-ориентированных программ для моделирования геомеханических процессов методом конечных элементов / Е.С. Корнев, Л.Д. Павлова, В.Н. Фрянов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 2. – С. 65–69.

19. Цветков А.Б. Нелинейная математическая модель геомеханического состояния углепородного массива / А.Б. Цветков, Л.Д. Павлова, В.Н. Фрянов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 1. – С. 365–370.

20. Fryanov V. N. Modeling geomechanical processes in underground longwall and shortwall mining of thick coal seams with elements of robotization / V N Fryanov, L D Pavlova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 262. - P. 1-6 (012016). – Режим доступа: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/262/1/012016/pdf

21. Fryanov V. N. Modeling stress–strain state of rock mass under mining of complex-shape extraction pillar/ V. N. Fryanov, L. D. Pavlova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 134. - P. 1-5 (012020). – Режим доступа: http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/134/1/012020/pdf

22. Иофис М.А. Инженерная геомеханика при подземных разработках / М.А. Иофис, А.И. Шмелёв. – М.: Недра, 1985. – 248 с.

23. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. - С-Пб.: ВНИМИ, 1998. – 291 с.

24. Кратч Г. Сдвижение горных пород и защита подрабатываемых сооружений / Г.Кратч. - М.: Недра, 1982. – 494 с.